

## Formation d'ingénieur par apprentissage

### « Ingénierie de la Production et de la Fourniture »

## Contenu

|  |          |
|--|----------|
| <b>1. OBJECTIFS DE LA NOUVELLE FILIERE .....</b>   | <b>2</b> |
| 1.2 Les secteurs d'activité et Métiers ciblés.....   | 4        |
| <b>2. COMPETENCES ATTENDUES .....</b>  | <b>5</b> |
| 2.1 Compétences générales de l'ingénieur Grenoble INP.....                                       | 5        |
| 2.2 Compétences spécifiques de l'Ense <sup>3</sup> .....   | 5        |
| <b>3. CONTENU DE LA FORMATION .....</b>  | <b>8</b> |
| 3.1 Méthodologie de conception de la formation : approche par les compétences.....               | 8        |
| 3.2 Equilibre général des programmes, répartition et progression des contenus pédagogiques ..... | 11       |
| 3.3 Tableaux récapitulatifs des crédits et des heures .....                                      | 18       |
| 3.5 Complémentarité entre formation académique et formation en entreprise .....                  | 23       |
| 3.6 Culture internationale .....   | 23       |
| 3.7 L'articulation avec la recherche et l'innovation .....                                       | 24       |

# 1. OBJECTIFS DE LA NOUVELLE FILIERE

## 1.1 Contexte général

En France, la consommation d'énergie primaire est d'environ 275 MTep (Millions de tonnes d'équivalent pétrole), à partir de laquelle on produit ~160 MTep d'énergie disponible pour la consommation finale (industrie, transports, habitat et services), dont l'électricité. L'énergie effectivement utile sous forme de chaleur, force, lumière, etc. ne représente plus que ~110MTep (soit un « rendement » global de 40% seulement). La chaleur à elle seule représente entre 65 et 70% de cette énergie utile dans l'industrie et le bâtiment. Elle est produite majoritairement à partir d'électricité et de gaz.

Par ailleurs une grande partie des 165 MTep « perdus » dans les processus de transformation le sont sous forme de chaleur (haute ou basse température). En particulier le rendement de la production d'électricité est de l'ordre de 36%, les pertes électriques (consommation des auxiliaires, pertes des transformateurs de centrales) représentent entre 4 et 5% de l'énergie brute produite, les pertes de transport et de distribution (surtout) représentent globalement entre 6% et 7% de l'énergie brute produite.

L'électricité représente environ 25% de l'énergie disponible pour la consommation finale (~20% dans l'Europe des 27). Elle est à 77% d'origine nucléaire et à 12% d'origine renouvelable, hydraulique essentiellement (chiffres très différents dans l'Europe des 27 - nucléaire : 29%, renouvelable : 17%, fossile : 54%).

Les scénarios prédisent une augmentation des parts de marché de l'électricité dans le mixe énergétique. À titre d'exemple, le scénario cité par le livre vert sur l'énergie de la commission européenne fait état des pourcentages d'évolution en Europe sur 2000-2030 suivants : +25 % (+58 % pour l'électricité) d'énergie finale consommée pour une consommation d'énergie primaire en augmentation de 15 % et un PIB en augmentation de 79 % (dont : Habitat : +29 % (+83 %) - Services + Agriculture : +41 % (+75 %) -Industrie : +19 % (+34 %) -Transport : +21 % (3 %)).

L'augmentation prévue par la commission européenne de la consommation électrique reste cependant très inférieure à l'augmentation du PIB, consécutivement à des effets de saturation, mais surtout à une hypothèse d'économie d'énergie et d'amélioration des rendements.

Les enjeux de l'énergie, couplés à ceux du développement durable, sont bien identifiés :

- Réduire la dépendance vis-à-vis des ressources primaires fossiles telles que le pétrole et le gaz pour la production de l'énergie disponible pour la consommation finale et réduire parallèlement l'empreinte Carbone de cette production. Cela passe en particulier par le développement des modes de production d'électricité (et de chaleur ou de froid) à partir d'énergies renouvelables (eau, vent, soleil, biomasse, géothermie) ou de l'énergie de l'atome. L'objectif fixé par le Grenelle est d'un minimum de 23% de production d'électricité à base d'énergie renouvelable à l'horizon 2020 ;
- Améliorer l'efficacité énergétique des constituants, équipements, installations et solutions à tous les stades, de la production aux usages en passant par le transport et la distribution ;
- Faire évoluer les « habitudes » de consommation pour réduire les besoins en énergie utile, à PIB donné ;
- Maintenir, voire améliorer la disponibilité et la qualité de l'énergie disponible pour la consommation finale, l'électricité en particulier, dans un contexte rendu plus complexe par la multiplication des acteurs (conséquence de la dérégulation économique), l'augmentation de la part des productions intermittentes, dispersées et/ou localisées en des lieux par ailleurs défavorables à leur distribution ou à l'équilibre du système ;
- Investir lourdement, pour faire face à l'augmentation de la demande d'énergie (en particulier dans les pays émergents) et remplacer les équipements et infrastructures vieillissantes, en partie

à cause d'un fléchissement des investissements dans les dernières années (environ mille milliards d'euros au cours des 20 prochaines années en Europe) ;

- Faire face à un renouvellement important des personnels et à une érosion des compétences dans certains secteurs.

Toutes les études montrent que les besoins en ressources humaines dans les prochaines décennies sont à la hauteur de ces enjeux, soit pour couvrir de nouveaux métiers, soit plus largement pour couvrir les besoins grandissants des métiers « traditionnels », lesquels connaîtront d'importantes mutations. Les compétences des ingénieurs formés devront être adaptées à ces nouveaux profils d'activités et de métiers.

Le secteur industriel français du génie électrique, de la production d'électricité à la fabrication de matériels électriques, est au quatrième rang mondial. Il emploie plus de 300 000 personnes et son CA est de l'ordre de 100 G-Euros. C'est le 2<sup>ème</sup> exportateur français.

Rhône-Alpes est au premier rang français :

- Pour la production, la consommation et l'exportation d'électricité ;
- Pour la production d'électricité d'origine nucléaire et hydraulique ;
- Pour la fabrication de composants électriques et électroniques, et au deuxième rang pour la production d'équipements électriques et électroniques.

C'est une région **propice au développement des Energies Renouvelables** : hydraulique (socle historique), cogénération, énergie solaire thermique et photovoltaïque (rassemblement du plus grand nombre d'installations raccordées du secteur, une puissance installée de 90 MW), énergie éolienne (17 installations représentant 150 MW), biomasse (deuxième région forestière française).

Rhône-Alpes accueille des établissements de production d'énergie et d'industries manufacturières fortement consommateurs d'énergie. C'est ainsi la 2<sup>ème</sup> région française pour la consommation d'électricité par l'industrie (13,9 % du total national).

Rhône-Alpes représente environ **75 000 personnes réparties d'une part sur la production et la distribution d'énergie** (27 000 emplois : EDF, GDF-SUEZ, ...) et d'autre part **sur la construction électrique** (48 000 emplois dont 3000 en PMI). Tous les grands groupes et les PMI innovantes de la construction électrique sont présents, avec une partie ou la totalité de leurs centres de recherche : Schneider Electric, SIEMENS, AREVA, Arnould, Legrand, Nexans, Crouzet, SOMFY, Photowatt, Total Energie, Air-liquide-Axam, Alstom Power Hydro, etc.).

Rhône-Alpes est par ailleurs le **2<sup>ème</sup> pôle d'enseignement supérieur et de recherche français** : 9 universités, 35 grandes écoles, 230 000 étudiants, 20 % des ingénieurs français formés chaque année, 15 centres de recherche français et européens, 25 000 chercheurs et ingénieurs, plus de 600 laboratoires et 14 clusters rhônalpins de recherche, et plusieurs réseaux d'excellence européens coordonnés par la Région Rhône-Alpes. Un brevet français sur 5 est déposé en Rhône-Alpes et plus de 2 % du PIB y est consacré à la R&D.

Au sein de Rhône-Alpes, la région grenobloise occupe **une place de premier rang dans le domaine de l'énergie**, par l'importance et la notoriété de ses formations et des laboratoires de recherche, CEA et Grenoble-INP en particulier, regroupés au sein de l'Institut Carnot « Energie du futur » ; par la présence d'entreprises de l'énergie (Schneider Electric, Alstom Power, SIEMENS, EDF DTG, ...) et des services pour l'énergie (ATOS Origin) et par l'intensité des relations recherche-industrie.

Grenoble est le siège du **pôle de compétitivité Tenerrdis** dont l'un des 2 objectifs est de développer la production d'énergies renouvelables (solaire, biomasse, hydraulique) et d'assurer leur transformation sur des vecteurs d'énergie actuels et futurs (électricité, chaleur et hydrogène) en stimulant les partenariats de R&D entre entreprises, centres de recherche publics et privés, centres

de formation, acteurs économiques et institutionnels, afin de générer des projets innovants porteurs de création d'activité et d'emplois. Il est structuré en cinq thèmes et cinq plateformes, dont la plateforme PREDIS localisée à Grenoble INP-Ense<sup>3</sup>

C'est à Grenoble qu'est localisé l'un des 6 centres d'excellence (Colocation Centers [CC]<sup>1</sup>) de la Communauté de l'Innovation et de la Connaissance (Knowledge Innovation Community [KIC]) « Innoenergy » sélectionnée par l'Institut Européen de l'Innovation (European Institute of Innovation [EIT]). Le KIC a pour double mission de promouvoir l'innovation et de développer les formations orientées vers l'entrepreneuriat dans le domaine de l'énergie durable. Le centre « Alps Valleys » rassemble des acteurs grenoblois et de la région PACA. Il couvre plus spécifiquement les thématiques « Nucléaire durable et convergence des énergies renouvelables ».

## **1.2 Les secteurs d'activité et Métiers ciblés**

Le socle d'entreprises pouvant recruter le type de profil formé dans la filière est très large :

- Equipementiers : conception, fabrication, essais, qualité et sécurité des constituants et équipements de la chaîne de conversion et de fourniture de l'énergie (Ex : Alstom, GE, SE, Siemens) ;
- Entreprises d'ingénierie : conception d'installations de production ou du lot alimentation en énergie d'un site industriel ou tertiaire (Ex : Vinci Energie, INEO...GE, SE, Siemens...) ;
- Exploitants d'unités de production : maintenance des équipements – pilotage et exploitation (Ex : EDF, CNR...) ;
- Exploitants de réseaux d'énergie : problématique d'insertion de la production (Ex : RTE, ErDF...) ;
- Sociétés de services en ingénierie informatique pour leurs activités de développement de solutions informatiques, de simulation, de pilotage et de supervision en particulier (Ex : ATOS Origin, Sopra Group...).

La filière forme des **Ingénieurs de terrain polyvalents** – au fait des enjeux et solutions énergétiques - dotés de compétences techniques fortes - capables de piloter des projets, d'encadrer des équipes opérationnelles, d'assurer le suivi d'affaires – en capacité d'intervenir à tous les stades du cycle de vie d'un équipement ou d'une installation : définition, conception, réalisation, exploitation et maintenance.

## **1.3 Originalité de la formation par apprentissage de l'Ense3**

De notre point de vue, le projet de l'Ense<sup>3</sup> se singularise par la conjonction de plusieurs caractéristiques :

- Un **positionnement clair sur la seule production d'énergie**, en se plaçant en aval du premier étage de transformation de l'énergie primaire sans l'ignorer, et en amont du réseau qu'elle appréhende sous l'angle du producteur, à travers les problématiques de connexion et d'exploitation sous contraintes ;
- Par la **prise en considération de toutes les sources d'énergie primaire**, fossiles ou renouvelables et de deux vecteurs énergétiques essentiels : électricité et chaleur-froid ;
- Par la **transversalité** et la **pluridisciplinarité des enseignements** proposés et par **l'approche fonctionnelle et systémique adoptée**, pour former des ingénieurs en capacité d'appréhender la diversité des sources, la complexité des équipements et des installations, les exigences croissantes en termes d'efficacité énergétique des solutions et d'efficience et de sécurité d'exploitation.

---

<sup>1</sup> CC Germany: Karlsruhe, CC Alps Valleys: Grenoble, CC Benelux: Eindhoven/Leuven, CC Iberia: Barcelona, CC PolandPlus: Krakow, CC Sweden: Stockholm

Ce positionnement est possible dans la mesure où l'Ense<sup>3</sup> est une des rares écoles françaises regroupant des compétences formation et recherche en mécanique (fluides, solides, structures), thermique, génie électrique (fonctions électriques et électroniques de puissance, réseaux électriques), automatique et traitement de l'information et économie du développement durable et de l'énergie.

## 2. COMPETENCES ATTENDUES

### 2.1 Compétences générales de l'ingénieur Grenoble INP

Les élèves-ingénieurs de Grenoble INP construisent au fil de leur cursus de formation un ensemble de compétences générales, quelle que soit la filière suivie parmi les vingt-deux offertes actuellement. A l'issue de leur parcours, ils sont capables :

- De mobiliser les connaissances d'un large champ scientifique et technique de base (mathématiques, physique, sciences de l'ingénieur, technologies informatiques de base ...);
- De mobiliser les méthodes et outils de l'ingénieur (identification et résolution de problèmes, même non familiers et non complètement définis, collecte et interprétation de données, analyse et conception de systèmes complexes, expérimentation) et les capacités nécessaires pour vivre leur travail (autonomie, créativité, rigueur d'organisation...);
- De s'intégrer dans une organisation, l'animer et la faire évoluer grâce à des aptitudes d'engagement et de leadership, communiquer avec des spécialistes et des non-spécialistes, convaincre et défendre leur point de vue, maîtriser divers média;
- De manager des projets en prenant en compte l'ensemble des contraintes et des dimensions (ressources humaines, coûts, délais, qualité, sécurité, environnement...) ainsi que les enjeux industriels, économiques et professionnels du secteur industriel concerné (innovation, compétitivité, propriété intellectuelle, ...);
- D'opérer en contexte international : maîtrise de l'anglais et connaissance éventuelle d'autres langues étrangères, sensibilité aux questions de sûreté et d'intelligence économique, ouverture culturelle et internationale (permettant aux ingénieurs de s'inscrire pleinement dans l'environnement international des entreprises du secteur);
- De respecter les valeurs sociétales : relations sociales, développement durable, éthique.

Chaque école a en charge une ou plusieurs filières. A chacune d'entre elles correspond donc un ensemble de compétences spécifiques.

### 2.2 Compétences spécifiques de l'Ense<sup>3</sup>

Grenoble INP-Ense<sup>3</sup> est une des 6 écoles du groupe Grenoble INP.

Elle est le fruit de la fusion des deux écoles ENSHMG (Hydraulique et Mécanique) et ENSIEG (Energie et Traitement de l'Information).

La formation Ense<sup>3</sup> est en forte adéquation avec les attentes du secteur aval afin de répondre à la fois à l'émergence des nouveaux métiers et aux besoins des secteurs traditionnels dans les domaines de l'énergie, de l'eau et de l'environnement. Les ingénieurs Ense<sup>3</sup> s'intègrent dans des secteurs d'activités extrêmement variés : conception, production, distribution, services.

La formation Ense<sup>3</sup> s'appuie sur une recherche de renommée internationale et étroitement associée au monde économique. Elle est ainsi l'une des rares écoles d'ingénieurs françaises à pouvoir proposer la formation pluridisciplinaire et système qui correspond aux évolutions des métiers de l'énergie avec des compétences en mécanique (fluides, solides, structures), génie électrique

(fonctions électriques et électroniques de puissance, réseaux électriques), automatique et traitement du signal, économie du développement durable et de l'énergie.

Dans le domaine de l'énergie, Ense<sup>3</sup> est un des grands acteurs des réseaux et pôles d'excellence qui contribuent à la dynamique du site grenoblois en réunissant les établissements universitaires et les acteurs économiques et institutionnels au service de l'innovation : pôles de compétitivité Tenerrdis (énergies renouvelables) et Minalogic (micro et nanotechnologies), clusters régionaux sur les énergies renouvelables et l'environnement, institut Carnot "Énergies du Futur".

Sa plateforme PREDIS, développée en partenariat avec les entreprises du secteur et les collectivités territoriales, permet aux étudiants et chercheurs de disposer d'un ensemble unique de pilotes expérimentaux et de moyens de simulation, sur la production décentralisée et renouvelable, la gestion intelligente des réseaux et les technologies basse consommation.

Huit filières permettent actuellement l'accès au diplôme. Elles sont organisées selon l'architecture suivante :

| Année 1<br>TRONC COMMUN - BACHELOR   |    | Années 2 & 3<br>FILIERES INGENIEUR - MASTER                         |    |              |                                     |
|--|----|---|----|--------------|-------------------------------------|
| S1   | S2 | S3  | S4 | S5 (électif) | S6                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Matières scientifiques et technologiques de base : automatique, génie électrique, hydraulique, mécanique, thermique, procédés, traitement de l'information ;</li> <li>▪ Simulation numérique ;</li> <li>▪ Expérimentation et pilotes industriels</li> <li>▪ Sciences du management et de l'entreprise ;</li> <li>▪ Sport ;</li> <li>▪ Langues ;</li> <li>▪ Enseignements optionnels pour découvrir les différentes cibles métier de l'école.</li> </ul> |    | Automatique Systèmes et Information (ASI)                           |    |              | <b>Projet de fin d'études (PFE)</b> |
|  |    | Hydraulique Ouvrages et Environnement (HOE)                         |    |              |                                     |
|  |    | Ingénierie de l'Energie Electrique (IEE)                            |    |              |                                     |
|  |    | Mécanique et Energétique (ME)                                       |    |              |                                     |
|  |    | Systèmes Energétiques et Marchés (SEM).                             |    |              |                                     |
|  |    | Ingénierie de l'Energie nucléaire (IEN)                             |    |              |                                     |
|  |    | Ingénierie de Produits (IdP) (commune avec GI)                      |    |              |                                     |
|  |    | Signal Image Communication Multimédia (SICOM) (Commune avec Phelma) |    |              |                                     |

La nouvelle voie d'accès au diplôme que nous proposons assure le lien entre :

- D'une part les filières IEN, HOE et ME qui traitent d'avantage des phénomènes physiques et des processus au cœur de la conversion d'énergie, ainsi que des problématiques de génie civil ;
- D'autre part, les filières IEE et SEM qui abordent explicitement la problématique de l'acheminement de l'énergie - de ses usages dans l'industrie, le transport et le bâtiment – et de l'efficacité énergétique.

Elle permet de traiter les équipements et installations qui mettent en œuvre les processus de transformations et fournissent l'énergie pour sa distribution et ses usages.

Elle est aménagée **sur trois ans** afin de s'adapter à la diversité des publics recrutés.

Les compétences visées dans la filière par apprentissage sont celles de l'école : à la fois techniques pour répondre aux besoins de performance des entreprises et généralistes pour accompagner l'ingénieur au sein de son entreprise. Elles s'expriment selon les libellés suivants :

- **Modéliser** des phénomènes naturels et physiques, et des systèmes technologiques (en prenant en compte le problème dans sa globalité, avec un degré de précision pertinent),
- **Concevoir** une solution face à un problème technique : un système, un produit ou un service (en tenant compte de toutes les contraintes, en évaluant les risques et les enjeux, en étant conscient de la faisabilité des solutions),

- **Exploiter** une installation, un système ou un procédé en maîtrisant les risques (en optimisant l'efficacité, en assurant la sécurité et la sûreté de fonctionnement, en encadrant efficacement des équipes, en mobilisant des ressources adéquates et en prenant en compte le développement durable, l'environnement et la gestion des ressources en énergie et en eau),
- **Evoluer** dans un environnement **complexe et international** : dans un groupe, dans une organisation, dans la société (en prenant en compte les enjeux industriels, en prenant en compte les grands enjeux sociétaux et notamment le développement durable, la gestion des ressources en énergie et en eau et l'environnement, en étant force de proposition, en intégrant le retour d'expérience personnel et de l'entreprise, en adoptant une posture professionnelle, en intégrant le contexte international et multiculturel),
- **Prendre des initiatives, innover, entreprendre** (en tenant compte des ressources, en faisant preuve de leadership),
- **Agir en professionnel responsable** (en adoptant une posture réflexive, en s'assurant de la pérennité de ses connaissances et pratiques, en faisant preuve d'honnêteté intellectuelle et de conscience environnementale)

### 3. CONTENU DE LA FORMATION

#### 3.1 Méthodologie de conception de la formation : approche par les compétences

C'est « l'approche par les compétences » qui a servi de fil conducteur de la démarche de conception du dispositif de formation. Comme l'indique le schéma ci-dessous, partant de l'analyse des métiers en termes de compétences, elle a permis de faire une évaluation au plus juste des apports nécessaires en termes de capacités-ressources (savoirs, savoir-faire et savoir être) à acquérir ou renforcer par la formation.

#### Remarque :

Pour ce qui concerne la formation en entreprises, nous avons repris les typologies des entreprises qui constituent le socle de débouchés de la formation : équipementiers, exploitants, entreprise d'ingénierie, SSII, ....

| ENSE3 - Filière par apprentissage<br>INGENIERIE DE LA PRODUCTION ET DE LA FOURNITURE D'ENERGIE  | COMPETENCES VISEES   |  |  |   |   |   |   |  |  |  |
|---|--|--|--|---|---|---|---|--|--|--|
| <p>Ce tableau a pour objectif d'éclairer deux questions :</p> <p>1/ Quelle est la contribution de chaque module académique et des missions types en entreprise à la construction des compétences visées par la formation ?</p> <p>2/ Chacune des compétences visées reçoit-elle une contribution suffisamment significative ?</p> <p><b>Niveau de contribution visé: 1 Sensibilisation - 2 Notions et pratiques de base - 3 Maîtrise - 4 Expertise</b></p> <p><b>Option "Constituants" / Option "Intégration"</b></p> | Définir et/ou concevoir un équipement de production ou de fourniture d'énergie | Participer à l'industrialisation d'un équipement et aux essais | Assurer le support et la maintenance d'un équipement | Définir et/ou concevoir une installation de production ou de fourniture d'énergie | Réaliser ou faire réaliser une installation | Définir et concevoir le système de contrôle et de pilotage d'une installation | Exploiter et/ou assurer la maintenance d'une installation | Assurer le suivi d'affaires pour des installations de production d'énergie | Assurer le suivi de l'évolution des enjeux et solutions et être force de proposition |  |
| <b>FORMATION "ACADEMIQUE"</b>   |  |  |  |   |   |   |   |  |  |  |
| CULTURE SCIENTIFIQUE DE L'INGENIEUR   |  |  |  |   |   |   |   |  |  |  |
| FORMATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE   |  |  |  |   |   |   |   |  |  |  |
| THEMES "Objets"   |  |  |  |   |   |   |   |  |  |  |
| <i>Thème 1 : les constituants thermiques de la chaîne de puissance : chaudières, moteurs à combustion, réfrigérateurs, pompes à chaleur, échangeurs de chaleur</i>  |  |  |  |   |   |   |   |  |  |  |
| <i>Thème 2 : les constituants mécaniques et hydrauliques de la chaîne de puissance</i>  | 3/2  | 3/2  | 3/2  | 2/2   | -   | -   | -   | -  | 3/2  |  |
| <i>Thème 3 : les constituants électrotechniques et électroniques de la chaîne de puissance : machines électriques tournantes (synchrone, asynchrone), transformateur, convertisseurs électroniques de puissance</i>   |  |  |  |   |   |   |   |  |  |  |
| <i>Thème 4 : les constituants électrochimiques et hybrides de la chaîne de puissance</i>  |  |  |  |   |   |   |   |  |  |  |
| <i>Thème 5 : connaissances de réseaux - les constituants d'interconnexion et de protection</i>  | 2  | 2  | 2  | 3   | -   | -   | -   | -  | 2  |  |
| <i>Etudes de cas "constituants de l'énergie"</i>  | 3/2  | 3/2  | 3/2  | 2/2   | -   | -   | 2/2   | -  | 3/2  |  |
| THEMES "Problèmes"  |  |  |  |   |   |   |   |  |  |  |
| <i>Thème 6 : contrôle et diagnostic des constituants de la chaîne de puissance</i>  | 3/2  | 3/2  | 3/2  | 2/2   | -   | 1/1   | -   | -  | 3/2  |  |
| <i>Thème 7 : Intégration des constituants dans un système de transformation et de fourniture d'énergie</i>  | 1/1  | -  | 1/1  | 2/2   | 1/1   | 1/1   | -   | 1/1  | 2/2  |  |
| <i>Thème 8 : Conduite d'un système de transformation et de fourniture d'énergie</i>   | -  | -  | -  | 1/3   | 1/2   | -2  | -3  | -2   | 1/2  |  |
| <i>Etudes de cas "Intégration-installations de production d'énergie"</i>  | 2/2  | -  | 2/2  | 1/3   | -3  | -3  | -2  | -2   | 1/3  |  |
| FORMATION TERTIAIRE   |  |  |  |   |   |   |   |  |  |  |
| <i>Contexte économique - réglementations - normes</i>   | 1/1  | -  | -  | 1/3   | -   | -2  | -2  | -2   | -2   |  |
| <i>Méthodes et outils de gestion de projets</i>   | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  | 2  |  |
| <i>Connaissance de l'entreprise - Economie Gestion - Ressources Humaines</i>  | 1  | 1  | 1  | 2   | 2   | 1   | 2   | 2  | 1  |  |
| <i>Langues</i>  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 3   | 3   | 3  | 3  |  |

| <b>FORMATION EN ENTREPRISE</b>   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>Missions et activités types (mutualisées lors des Retours d'expérience)</b>   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Intégration "active" dans différents services de l'entreprise avec pour objectif de permettre à l'apprenti :</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1. De comprendre la stratégie de l'entreprise, son organisation et les méthodes de management  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2. De découvrir les métiers de l'entreprise  | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3. De comprendre les données financières de l'entreprise   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4. De connaître l'environnement technique et économique de l'entreprise (fournisseurs, clients, concurrents...)  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Equipementiers</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1. Se voir confier des activités de veille sur une technologie   | 2 | 2 |   | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 2. Participer à une équipe de développement d'un nouveau constituant ou équipement d'énergie (études, dimensionnement, maquettes et prototypes, essais, préparation production, relations clients éventuelles...) comme technicien puis ingénieur projet puis assi | 3 | 3 | 2 | 1 | - | - | - | - | 2 |
| 3. Participer à une équipe d'essais (développement de moyens d'essais, définition de procédures d'essais et de qualification, réalisation et dépouillement d'essais) comme technicien puis ingénieur d'essais puis assistant du responsable d'essais               |   | 3 |   |   | - | - | - | - | 1 |
| 4. Participer à une équipe de support client (installation et mise en route, assistance technique, maintenance et diagnostics de défaillance) comme technicien puis ingénieur support puis assistant du responsable support  | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |   |
| 5. Participer à une équipe qualité .....   |   | 2 | 2 |   |   |   | 2 |   | - |
| <b>Société d'ingénierie</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1. Participer à la définition d'une solution technique (ingénieur débutant)  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Participer aux choix techniques des matériels et équipements   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Effectuer les calculs de dimensionnement des différents équipements  | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| Élaborer les plans d'exécution et d'installation des matériels et équipements.   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Établir les spécifications d'achat des matériels et participer à l'évaluation technique des fournisseurs.  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2. Définir une solution technique et piloter sa réalisation (chef de projet)   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Coordonner le travail de l'équipe projet   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Consulter et sélectionner les fournisseurs   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Vérifier l'intégration des différents équipements étudiés dans le système global pour répondre aux objectifs initiaux.   | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| Suivre les essais et résoudre les problèmes techniques éventuels   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Veiller à l'optimisation des coûts du projet...  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3. Traduire un besoin en spécifications techniques (ingénieur d'affaires)  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Assurer une veille technologique et réglementaire  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Analyser les cahiers des charges du projet et identifier les principales contraintes à respecter.  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Identifier dans les études de conception préalables les orientations techniques possibles.   | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| Collecter tous les documents (résultats des essais notamment) nécessaires pour rédiger le dossier final du fournisseur.  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Participer à la rédaction du document final sur le projet suivi et le transmettre à l'exploitant.....  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Exploitant</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1. Prendre connaissance des contraintes d'exploitation   |   |   |   | 2 | 2 | 2 |   | 2 |   |
| 2. Participer à des opérations de maintenance préventive ou corrective   |   |   |   |   |   |   |   |   | 1 |
| 3. Assister un opérateur de conduite de l'installation   |   |   | 3 |   |   |   |   |   |   |
| 4. Participer à la conception ou à la révision et à la mise en place d'un plan de maintenance  | 1 | 1 |   | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |   |
| 5. Participer à la définition d'un plan d'investissement et de remplacement d'équipements  |   |   |   |   |   |   |   |   | 2 |
| 6. Participer à la définition de plans d'exploitation  |   |   | 2 |   |   |   |   |   |   |
| <b>SSII</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Missions comparables à celles réalisées dans une société d'ingénierie mais sur un lot spécifique (informatique industrielle : architectures, fonctions de commande et de supervision)</b>   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1. Participer à la définition d'une solution technique (ingénieur débutant)  | - | - |   | 2 |   |   |   | 1 | 2 |
| 2. Définir une solution technique et piloter sa réalisation (chef de projet)   |   |   | 2 |   | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 3. Traduire un besoin en spécifications techniques (ingénieur d'affaires)....  | 3 | 2 |   | 3 |   |   |   | 3 | 2 |

Cette analyse a permis en outre de faire la part entre ce qui relevait plutôt de la formation académique proprement dite et ce qui incombait plutôt à l'entreprise à travers les missions confiées aux apprentis. Dans ce dernier cas, les mises en situation sur le terrain ne suffisent pas si l'on veut que les apprentis en tirent tout le profit. Il est nécessaire que des séances collectives soient organisées lors des retours d'alternance au cours desquelles les apprentis portent un regard critique sur leurs acquis par l'analyse réflexive : séances de retours d'expérience pour les acquis techniques et d'analyse comparée des pratiques pour les questions relevant plus particulièrement des sciences humaines et sociales (SHS)..

### 3.2 Equilibre général des programmes, répartition et progression des contenus pédagogiques

#### **3.2.1 Principes généraux**

Le dispositif pédagogique a été conçu afin de répondre à un double objectif :

- un objectif de complémentarité et d'articulation des acquis académiques et des acquis expérimentiels ;
- un objectif de progressivité accompagnant l'évolution de l'apprenti dans son changement de posture de technicien à ingénieur.

La pédagogie s'appuie sur une idée force, l'apprenant acteur de sa formation et de la construction de ses compétences, qui se décline autour de trois axes :

1. Une **formation académique inductive** qui s'appuie sur les objets à concevoir ou à exploiter, les problèmes à résoudre, les expériences et observations faites en entreprise pour introduire les concepts théoriques, les connaissances technologiques et les méthodes de travail ;
2. La **complémentarité des formations académiques et en entreprise**, entretenue par un rythme dynamique d'alternance, des retours d'expérience croisés systématiques et des sessions d'analyse comparées des pratiques avec les tuteurs pédagogiques et d'entreprise (voir plus loin) ;
3. Un **accompagnement personnalisé** croisant l'approche industrielle du maître d'apprentissage et l'exigence scientifique du tuteur école.

Les élèves apprentis auront la possibilité de choisir des enseignements plus spécifiques suivant le profil de leur mission. Des parcours « composants » et « intégrateurs » seront ainsi possibles pour répondre au mieux aux besoins des apprentis et des entreprises.

La formation est également divisée en thèmes «objets ou problèmes» qui sont abordés séquentiellement ou en parallèle. Chaque thème est prétexte à l'acquisition de l'ensemble des connaissances et compétences nouvelles requises pour, ou en lien avec, le thème ou à la mise en œuvre de celles déjà acquises, dans un contexte ou pour un problème différent.

Thèmes «objets »

- *Thème 1 : Les constituants thermiques de la chaîne de puissance : chaudières, moteurs à combustion, réfrigérateurs, pompes à chaleur, échangeurs de chaleur*
- *Thème 2 : Les constituants mécaniques et hydrauliques de la chaîne de puissance*
- *Thème 3 : Les constituants électrotechniques et électroniques de la chaîne de puissance : machines électriques tournantes (synchrone, asynchrone), transformateur, convertisseurs électroniques de puissance*
- *Thème 4 : Les constituants électrochimiques et hybrides de la chaîne de puissance*
- *Thème 5: Connaissances des réseaux - les constituants d'interconnexion et de protection*

Thèmes « problèmes »

- *Thème 6 : Contrôle et diagnostic des constituants de la chaîne de puissance*

- *Thème 7: Intégration des constituants dans un système de transformation et de fourniture d'énergie*
- *Thème 8 : Conduite d'un système de transformation et de fourniture d'énergie*

Il n'y a pas de cours à proprement parler sur les composants du contrôle (capteurs en particulier). Ils sont introduits au fur et à mesure dans les thèmes qui le justifient. Pour chaque thème, indépendamment des heures dédiées aux retours d'expériences et à l'analyse comparée des pratiques, des heures sont réservées pour reprendre éventuellement certaines notions, après la fin du thème, à la lumière de ces retours d'expériences.

Pour chaque thème, l'enseignement comporte une partie commune puis, selon le thème et les besoins des apprentis, un approfondissement. On garantit ainsi que l'ingénieur plutôt « constituants » aura une bonne connaissance de l'environnement dans lequel les équipements sont mis en œuvre et des contraintes qu'il génère ..... et que l'ingénieur plutôt « intégrateur » connaîtra les caractéristiques essentielles des constituants qu'il sera amené à intégrer pour réaliser une installation.

Dans les 2 parcours, des études de cas permettent de récapituler et mettre en perspective l'ensemble des connaissances et compétences acquises :

- Conception, dimensionnement ou maintenance d'un transformateur, d'un générateur éolien, d'une machine hybride, ... *pour l'option « constituants »* ;
- Définition de l'architecture, dimensionnement, plans d'exploitation d'une installation de production d'énergie électrique à partir de sources intermittentes - non dispatchable/ dispatchable, d'une installation mixte de production d'énergie, électrique et thermique, de l'alimentation en énergie d'un site industriel, ... *pour l'option « intégration »*.

Le module "Connaissance de l'entreprise - Economie Gestion - Ressources Humaines" s'étale sur les 3 années, pour accompagner les apprentis dans leur insertion dans les entreprises, leur professionnalisation progressive et leurs autonomie et responsabilités croissantes. Les connaissances acquises dans le module "Méthodes et outils de gestion de projet" le sont en support des études de cas.

### 3.2.2 Progression pédagogique

Nous indiquons ci-dessous les points clés de cette organisation en précisant pour chaque année, les objectifs globaux ainsi que les différentes thématiques abordées.

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>1<sup>ère</sup> année</b> | <b>Objectif global : AUTONOMISATION de l'apprenti</b> |
|------------------------------|---|

- **Renforcer les bases de la culture scientifique générale et sa capacité d'apprendre ;**
- **Connaître les constituants de la génération d'énergie et construire les bases théoriques et méthodologiques des métiers axés sur ces objets ;**
- **Se situer dans l'entreprise, s'y intégrer et de doter d'une démarche d'apprentissage efficace ;**
- **Assurer de façon autonome des réalisations techniques au sein d'équipes projets.**

La première année est totalement commune apprentis.

#### **BASES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES**

*Ces enseignements ont lieu durant le premier semestre. Ils ont pour but :*

- *De renforcer les savoirs théoriques et méthodologiques de base par une pédagogie adaptée au public ;*
- *D'aider les apprentis à relier les savoirs et les disciplines et à s'en approprier ainsi mieux le sens ;*
- *De créer une dynamique stimulante au sein de la communauté d'apprentis de Grenoble INP par la rencontre des différents profils et le partage d'expérience et de connaissance.*

*Par pédagogie adaptée, on entend :*

- *une approche très concrète faisant appel à de nombreux exercices et cas pratiques ;*
- *des travaux en petits groupes équilibrés tenant compte des acquis des apprentis où les plus avancés font bénéficier les autres de leurs acquis ;*
- *de nombreuses autoévaluations permettant un suivi personnalisé.*

- Mathématiques pour la physique : sens, outils et méthodes ;
- Physique ;
- Algorithmique et approche objets ;
- Méthodologie, épistémologie et éthique :  
Approche critique et culturelle des sciences ;  
Méthodologie de l'analyse de problème et de la modélisation en sciences exactes ;  
Méthodologie de l'apprentissage académique et expérientiel.

## **THEMES OBJETS**

*Au-delà des notions théoriques bien entendu nécessaires, on insistera particulièrement sur les aspects méthodologiques qui sont d'une extrême importance*

Les trois premiers thèmes objets sont traités successivement.

- Thème 1 : Les constituants thermiques de la chaîne de puissance ;
  - Thème 2 : Les constituants mécaniques et hydrauliques de la chaîne de puissance ;
  - Thème 3 : Les constituants électrotechniques et électroniques de la chaîne de puissance.
- Comme indiqué précédemment, chaque thème est prétexte à l'acquisition de l'ensemble des connaissances et compétences nouvelles requises pour, ou en lien avec le thème : compléments de mathématiques, matériaux et compléments de physique, principes de fonctionnement et éléments caractéristiques des fonctions de génération d'électricité, de chaleur et de froid.

## **THEMES PROBLEMES**

La plupart des constituants de la chaîne de puissance ne peuvent fonctionner sans contrôle. Les problématiques correspondantes et les solutions relevant de l'automatique linéaires sont abordées dans le cadre du thème 6 : Contrôle et diagnostic des constituants de la chaîne de puissance, en amont (pour les connaissances générales) puis en accompagnement des thèmes objets (pour l'application des connaissances générales et l'acquisition des connaissances spécifiques à chaque classe d'objet).

Des travaux pratiques illustrent et mettent en pratiques l'ensemble des connaissances acquises sur les objets et les problèmes. Les disciplines y sont totalement décloisonnées.

## **DEVELOPPEMENT PERSONNEL, LANGUES et SHS**

*Ils ont pour but :*

- *De mettre en place des groupes de niveaux en anglais ;*
- *De développer l'esprit d'ouverture des apprentis.*

L'enseignement d'anglais est renforcé en première année :

- pour sensibiliser les apprentis à l'importance de cette langue dans tous les métiers auxquels prépare la filière et aux exigences pour l'attribution du diplôme ;
- pour leur donner les bases nécessaires à la mise en œuvre d'une démarche personnelle d'apprentissage de la langue ou renforcer leurs acquis et leur permettre ainsi d'accélérer leur autonomisation dans son appropriation.

Afin de sensibiliser les apprentis aux enjeux économiques et énergétiques et faciliter leur intégration dans les entreprises, les enseignements de SHS en première année mettent l'accent :

- sur les politiques énergétiques, leur histoire et les défis actuels ;
- sur l'appréhension des mécanismes de base du fonctionnement d'une économie, l'acquisition des notions indispensables à la compréhension de la gestion d'entreprise et la compréhension des interactions entre les grandes fonctions de l'entreprise ;
- sur l'acquisition des outils de la communication professionnelle (présentations, prises de parole, rapports..).

*Durant ces enseignements, les formateurs feront largement appel au vécu des apprentis et aux observations de terrain qu'ils seront susceptibles de mobiliser. Ces derniers seront dès lors plus à même d'établir des liens avec une réalité concrète et de donner ainsi du sens à des notions perçues souvent comme très abstraites et déconnectées.*

## **RETOURS D'ALTERNANCE**

*Moments clés de l'articulation entre le vécu de terrain et l'enseignement académique, les retours d'alternance ont pour objectifs:*

- *De confronter et mutualiser les acquis, techniques comme non techniques ;*
- *D'entraîner les apprentis à l'explicitation, à l'analyse réflexive et à la problématisation ;*
- *De susciter des questionnements théoriques favorisant le besoin de conceptualisation.*

*Ils feront l'objet d'une gestion rigoureuse (Cf chapitre « mise en œuvre de l'alternance »).*

### **▪ Retours d'expérience technique – 40 heures**

Présentations croisées par les apprentis de thèmes techniques liés à leurs missions en entreprise ;

### **▪ Analyse comparée des pratiques de l'entreprise – 20 heures**

Exploration de l'entreprise et de ses fonctions à partir du vécu des apprentis ;

Exploration et analyse des différentes facettes du métier de l'ingénieur à partir de la perception des apprentis.

|  |
|--|
| <b>2ème année    Objectif global : PROFESSIONALISATION de l'apprenti</b> |
|--|

- **S'approprier les constituants du transfert d'énergie et construire les bases théoriques et méthodologiques des métiers axés sur ces objets ;**
- **Approfondir les savoirs et savoir faire méthodologiques des métiers de la conception et de l'exploitation des constituants de la chaîne d'énergie ;**
- **Participer à des projets techniques de conception et de dimensionnement de ces objets ;**
- **Appréhender l'environnement dans lequel les objets sont mis en œuvre et les contraintes qu'il génère ;**
- **Acquérir et approfondir les connaissances requises pour contribuer à la définition, le dimensionnement ou le pilotage d'une installation de production ;**
- **Appréhender la complexité du métier de l'ingénieur.**

## **THEMES OBJETS**

Les thèmes objets suivants sont traités successivement.

- *Thème 1 : Les constituants thermiques de la chaîne de puissance ;*
- *Thème 3 : Les constituants électrotechniques et électroniques de la chaîne de puissance ;*
- *Thème 4 : Les constituants électrochimiques et hybrides de la chaîne de puissance ;*
- *Thème 5 : Connaissances des réseaux - les constituants d'interconnexion et de protection.*

Pour les 2 premiers thèmes (thèmes 1 et 3), déjà abordés en première année, l'attention se concentre sur l'acquisition des connaissances partagées par l'ensemble de la promotion relatives aux fonctions assurant le transfert de l'énergie électrique, de la chaleur et du froid, en suivant la même démarche qu'en première année. Il en est de même pour les thèmes 4 et 5.

Pour l'ensemble des thèmes, tous les apprentis apprennent à connaître les grandes lignes du processus de conception des objets, les méthodes de calcul de l'efficacité et de l'impact environnemental d'une solution sur le cycle de vie et les méthodes de modélisation des phénomènes physiques mis en œuvre.

L'option « constituants » poursuit de manière plus approfondie l'étude de ces objets, du point de vue de leur dimensionnement en particulier : acquisition de connaissances complémentaires en physique et en modélisation – étude et mise en œuvre des méthodes de conception, de modélisation et de simulation numérique et de dimensionnement.

### **THEMES PROBLEMES**

- *Thème 6 : Contrôle et diagnostic des constituants de la chaîne de puissance.*

Certains constituants de la chaîne de puissance nécessitent, de par leurs caractéristiques dynamiques particulières ou les spécificités des cahiers des charges, des fonctions de contrôle plus avancées que celles étudiées en première année. Dans le cadre du thème 6, en lien avec les constituants considérés, les apprentis de l'option « constituants » étudieront ces fonctions et les mettront en œuvre.

Par ailleurs, toujours sur ce thème, l'ensemble des apprentis abordera les problèmes généraux de fiabilité et de risques, et les outils d'évaluation à la disposition des ingénieurs.

- *Thème 7 : Intégration des constituants dans un système de transformation et de fourniture d'énergie ;*

- *Thème 8 : Conduite d'un système de transformation et de fourniture d'énergie.*

Sont développées en deuxième année les connaissances de base que partageront tous les apprentis :

- les familles de solutions pour la production et la fourniture d'énergie ;
- les méthodes de modélisation des systèmes et les outils logiciels utilisés dans l'industrie ;
- les problématiques de participation d'une installation de production aux services système ;
- l'organisation générale des fonctions de pilotage d'une installation (l'architecture décisionnelle et opérationnelle...) ;
- les éléments de l'intelligence répartie (capteurs, automates, pré actionneurs) ;
- les réseaux industriels. Ce dernier point sera approfondi avec les apprentis de l'option « intégration ».

Les apprentis de l'option « intégration » poursuivent l'acquisition ou l'approfondissement des connaissances requises pour pouvoir contribuer à la définition, la conception, le dimensionnement ou le pilotage d'une installation de production ; Ces connaissances portent sur :

- les réseaux industriels (approfondissement) ;
- les architectures logicielles des systèmes temps réel ;
- les fonctions de contrôle commande séquentielle gérant en particulier les modes de marche, les reconfigurations, .....
- les fonctions anticipatives et réactives assurant le lien entre les niveaux de planification et de coordination d'une part, les dispositifs de commande des équipements d'autre part.

### **ETUDES DE CAS « constituants et équipements pour la génération et le transfert d'énergie »**

L'ensemble des connaissances acquises sur les objets est mis en pratique et en perspective sur des études de cas concrètes de conception et de dimensionnement de constituants pour la génération ou le transfert de l'énergie. Les études de cas se situent à cheval entre la deuxième et la troisième année. Les entreprises partenaires sont impliquées dans la définition et le suivi de ces études de cas.

Les apprentis sont répartis initialement en groupes de 4-5 apprenants. Deux équipes peuvent travailler de manière collaborative sur un même projet. Les étapes menées en deuxième année concernent principalement la définition du cahier des charges, l'étude de l'état de l'art et des solutions adaptées au problème, le pré dimensionnement et les principes du contrôle s'il y a lieu. Un rapport et une présentation orale intermédiaires concluent cette première phase.

Une démarche projet est mise en œuvre. Elle est accompagnée dans le cadre des enseignements décrits ci-après

## **DEVELOPPEMENT PERSONNEL, LANGUES et SHS**

L'enseignement d'anglais est ramené à 2h par semaine, pour continuer à acquérir les connaissances nécessaires à la progression dans la langue et/ou accompagner cette progression.

Afin de faciliter la professionnalisation des apprentis, les enseignements de SHS en deuxième mettent l'accent :

- Sur un approfondissement des connaissances sur la gestion financière d'une entreprise : outils d'analyse financière, prévisions et diagnostic financiers, calculs de coûts ;
- Sur l'acquisition de connaissances de bases sur la stratégie d'entreprise et le marketing.

Les outils fondamentaux de la gestion de projet leur sont également enseignés. Une mise en situation est réalisée sur une simulation avec jeu de rôle, puis avec les études de cas pour lesquelles un accompagnement projet est mis en place.

Enfin, pour les apprentis engagés dans l'option « intégration », il leur est proposé un approfondissement sur l'organisation et la régulation des industries de réseau.

## **RETOURS D'ALTERNANCE**

### **▪ Retours d'expérience technique**

Présentations croisées par les apprentis de problématiques techniques en relation avec leurs missions ;

### **▪ Analyse comparée des pratiques de l'entreprise**

Méthodologie de l'analyse de problème ;  
Approche de la complexité sociotechnique.

## **3ème année    Objectif global : RESPONSABILISATION de l'apprenti**

- **Approfondir les connaissances et savoir faire méthodologiques en conception d'objets et systèmes intégrés ;**
- **Approfondir les connaissances sur le pilotage d'une installation de production ;**
- **Élargir sa vision du monde de l'entreprise ;**
- **Assumer la responsabilité globale de tout ou partie d'un projet de conception et de dimensionnement ;**
- **Préciser son projet professionnel, évaluer et valoriser ses compétences acquises, engager sa recherche d'emploi.**

## **THEMES OBJETS**

Les apprentis de l'option « constituants » complètent leur formation sur les méthodes de modélisation numérique afin de pouvoir les mettre en œuvre dans le cadre des études de cas.

## **THEMES PROBLEMES**

- *Thème 6 : Contrôle et diagnostic des constituants de la chaîne de puissance*

Les apprentis de l'option constituants acquièrent les connaissances générales sur les solutions de détection, de localisation et d'évaluation des défaillances et se dotent des principaux outils utilisés pour leur mise en œuvre : observateurs, traitement du signal, outils statistiques et heuristiques.

- *Thème 7: Intégration des constituants dans un système de transformation et de fourniture d'énergie*
- *Thème 8 : Conduite d'un système de transformation et de fourniture d'énergie*

Les apprentis de l'option « intégration » terminent leur formation académique sur le pilotage des installations de production d'énergie en abordant les fonctions de supervision et les problématiques d'opérateur d'exploitation et de gestion des crises

- Supervision et contrôle ;
- Aide à la décision – formation des opérateurs d'exploitation ;
- Plans de sécurité et de gestion des crises.

## **ETUDES DE CAS**

### **Etudes de cas « constituants et équipements pour la génération et le transfert d'énergie »**

Les groupes projets constitués en deuxième année, ramenés aux seuls apprentis de l'option « constituants » poursuivent la définition et le dimensionnement des objets auxquels ils s'intéressent, ainsi que la définition des fonctions de contrôle associées. Ils continuent de mettre en œuvre la démarche de conception étudiée en deuxième année ; ils utilisent les outils informatiques mis à leur disposition. La dimension environnementale et les critères économiques sont pris en compte. Un rapport et une présentation orale concluent le projet.

### **Etudes de cas « intégration : architectures et dimensionnements - contraintes - critères d'optimisation »**

L'ensemble des connaissances acquises sur les objets, leur intégration dans une installation de production d'énergie et le pilotage de cette installation est mis en pratique et en perspective sur des études de cas concrètes de conception et de dimensionnement d'installations ou de groupes d'installations. Les entreprises partenaires sont impliquées dans la définition et le suivi de ces études de cas. Les apprentis sont répartis initialement en groupes de 4-5 apprenants des 2 parcours, chaque groupe menant un à deux projets successivement.

Les étapes menées en commun concernent principalement la définition du cahier des charges, l'étude de l'état de l'art et des solutions adaptées au problème, la prédéfinition de l'architecture de puissance et de contrôle et le pré dimensionnement des constituants. Un rapport et une présentation orale intermédiaires concluent cette première phase.

Les apprentis de l'option « intégration » poursuivent le projet : définition plus précise des solutions technologiques, analyse d'impact, analyse économique... Un rapport et une présentation orale concluent le projet.

Une démarche adaptée à un projet d'ingénierie est mise en œuvre. Elle est accompagnée dans le cadre des enseignements décrits ci-après

## **DEVELOPPEMENT PERSONNEL, LANGUES et SHS**

*Les enseignements qui n'ont pas trait spécifiquement au domaine de l'énergie seront ouverts dans un premier temps aux deux nouvelles sections de l'Ense<sup>3</sup> et de Phelma et ensuite, dans la mesure du possible, aux différentes sections en apprentissage de Grenoble INP.*

L'enseignement d'anglais est maintenu à 2h par semaine jusqu'en février. Il est facultatif pour les apprentis ayant acquis le niveau requis (certification). Il a pour objectif de préparer les autres apprenants à l'obtenir.

Pour permettre aux apprentis d'intégrer pleinement leur futur métier d'ingénieur, les enseignements de SHS en troisième année mettent l'accent :

- sur le Management et le leadership : Se connaître et savoir évoluer au sein d'une équipe, savoir gérer son temps et son énergie, appréhender et acquérir les techniques, les outils principaux d'animation d'une équipe, être à l'aise dans des situations délicates ;
- sur le droit des affaires : droit des sociétés et des contrats, propriétés intellectuelle.

Pour les accompagner dans la mise en œuvre des études de cas, leurs connaissances en gestion de projet sont complétées, pour intégrer en particulier les dimensions introduites par les projets d'ingénierie. L'accompagnement projet est poursuivi dans le cadre des études de cas.

Les apprentis du parcours « intégration » suivent un enseignement spécifique sur la gestion d'affaires, en particulier dans un contexte international : repérage d'opportunité, appels d'offre, montage de projets et études d'impact, négociation et contractualisation...

## RETOURS D'ALTERNANCE

### ▪ **Retours d'expérience technique** (en commun avec les apprentis de 3<sup>ème</sup> année des autres sections INP)

Présentations croisées par les apprentis de l'avancement de leur projet de fin d'études :

- ouverture à l'interdisciplinarité et aux spécificités des cultures de métiers et d'entreprises ;
- entraînement à la vulgarisation technique ;

### ▪ **Analyse comparée des pratiques de l'entreprise**

Management de projet ;

Exercice de la responsabilité et de la prise de décision en environnement incertain.

## 3.3 Tableaux récapitulatifs des crédits et des heures

### ❖ **Répartition des ECTS par types et par année**

Comme le montre le tableau ci-dessous, les crédits ECTS sont répartis de façon à ce qu'au total, la moitié concerne les apprentissages académiques et l'autre moitié les apprentissages de l'expérience. On constate cependant une part croissante de ces derniers (de 37% en première année à 68% en troisième année) due à la montée en complexité et en responsabilité des missions de l'apprenti en entreprise, le temps passé en entreprise en dernière année étant sensiblement plus important que celui passé à l'école (respectivement 28 et 18 si l'on fait abstraction des périodes de congés).

|   | Année 1               | Année 2               | Année 3               | %           |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Enseignement académique</b>                              | 38 ects<br><b>63%</b> | 33 ects<br><b>55%</b> | 19 ects<br><b>32%</b> | <b>50%</b>  |
| Bases scientifiques et méthodologiques                      | 10-10                 | 0                     | 0                     | 5%          |
| Les connaissances techniques de la filière                  | 20-20                 | 24-22                 | 6-4                   | 28%-26%     |
| Formations tertiaires                                       | 8-8                   | 6-8                   | 5-7                   | 10%-12%     |
| Projets tutorés (à l'école)                                 | 0                     | 3-3                   | 8-8                   | 7%          |
| <b>Apprentissage de l'expérience</b>                        | 22 ects<br><b>37%</b> | 27 ects<br><b>45%</b> | 41 ects<br><b>68%</b> | <b>50 %</b> |
| Retours d'alternance, bilans personnels, entretiens à trois | 14                    | 19                    | 18                    | 28%         |
| Retours d'expérience technique                              | 8                     | 8                     | 8                     | 14%         |
| PFE   | 0                     | 0                     | 15                    | 8%          |
| <b>TOTAL</b>  | <b>60</b>             | <b>60</b>             | <b>60</b>             |             |

❖ **Tableau récapitulatif de répartition des heures**

Le tableau ci-dessous montre les différents modules de la formation, leur pondération et leur répartition sur les trois années en faisant apparaître la ventilation en cours, TD, TP et projets encadrés. Précisons qu'il n'y a en fait pas de distinction entre cours magistraux et travaux dirigés puisque, compte tenu de la petite taille des promotions et de la volonté de mettre en œuvre une pédagogie participative. Par ailleurs les heures indiquées s'entendent hors temps réservé aux épreuves de contrôle écrites ou orales.

| <b>Connaissances et compétences à acquérir (regroupées par modules)</b>  | <b>Constituants</b> | <b>Intégration</b> |
|--|---------------------|--------------------|
| <b>Compléments de mathématiques</b><br><i>Les outils mathématiques indispensables, introduits par les problèmes</i>                          | 40                  | 60                 |
| <b>Matériaux et compléments de physique</b>  | 302                 | 206                |
| <b>Constituants de la chaîne de puissance</b>  | 202                 | 152                |
| -----  | -----               | -----              |
| Etudes de cas : connaissances pour la conception, le dimensionnement et la maintenance (modules au choix)                                    | 100                 | 50                 |
| <b>Contrôle, fiabilité et diagnostic des constituants de la chaîne de puissance</b>  | 123                 | 64                 |
| <b>Intégration des constituants dans un système (installation ou ensembles d'installations) de transformation et de fourniture d'énergie</b> | 58                  | 68                 |
| -----  | -----               | -----              |
| Etudes de cas d'intégration : architectures et dimensionnements - contraintes - critères d'optimisation (modules au choix)                   | 100                 | 150                |
| <b>Conduite, supervision d'un système de transformation et fourniture d'énergie</b>  | 34                  | 184                |
| <b>Contexte économique - réglementations - normes</b>  | 28                  | 62                 |
| <b>Méthodes et outils de conception - Méthodes et outils de modélisation et de simulation numériques</b>                                     | 122                 | 86                 |
| <b>Méthodes d'optimisation</b>   | 30                  | 30                 |
| <b>Méthodes et outils de gestion de projets</b>  | 70                  | 100                |
| <b>Langues</b>   | 150                 | 150                |
| <b>Connaissance de l'entreprise - Economie Gestion - Ressources Humaines</b>   | 98                  | 98                 |
| <b>Bases scientifiques et méthodologiques</b>  | 160                 | 160                |
| <b>Retours d'expérience</b>  | 120                 | 120                |
|  | 1737                | 1740               |

| Connaissances et compétences à acquérir (regroupées par modules)                                      | Constituants | Année | Intégration | Année | Thème 1 | Thème 2 | Thème 3 | Thème 4 | Thème 5 | Thème 6 | Thème 7 | Thème 8 | CTD        | BE/TP      | Projets  |
|---|--------------|-------|-------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|------------|----------|
| <b>ANNEE 1</b>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| <i>Bases scientifiques et méthodologiques</i>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Mathématiques pour la physique  | 50           | 1     | 50          | 1     |         |         |         |         |         |         |         |         | 50         |            |          |
| Physique  | 40           | 1     | 40          | 1     |         |         |         |         |         |         |         |         | 40         |            |          |
| Algorithmique et approche objet   | 50           | 1     | 50          | 1     |         |         |         |         |         |         |         |         |            | 50         |          |
| Méthodologie, épistémologie   | 20           | 1     | 20          | 1     |         |         |         |         |         |         |         |         | 20         |            |          |
| <i>Compléments de mathématiques 1</i>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Compléments sur les transformées  | 4            | 1     | 4           | 1     | x       |         |         |         |         |         |         |         | 4          |            |          |
| compléments d'algèbre linéaire et d'algèbre complexe  | 10           | 1     | 10          | 1     |         | x       |         |         |         |         |         |         | 10         |            |          |
| Equations aux dérivées partielles   | 10           | 1     | 10          | 1     | x       |         |         |         |         |         |         |         | 10         |            |          |
| Méthodes asymptotiques  | 6            | 1     | 6           | 1     | x       |         |         |         |         |         |         |         | 6          |            |          |
| <i>Matériaux et compléments de physique 1</i>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| <b>Initiation aux matériaux</b>   | 16           | 1     | 16          | 1     | x       |         |         |         |         |         |         |         | 16         |            |          |
| <b>Thermodynamique - Echanges thermiques</b>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Thermodynamique   | 16           | 1     | 16          | 1     | x       |         |         |         |         |         |         |         | 16         |            |          |
| <b>Mécanique des fluides et Hydraulique</b>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Mécanique des fluides   | 20           | 1     | 20          | 1     |         | x       |         |         |         |         |         |         | 20         |            |          |
| Ecoulements laminaires et turbulents  | 20           | 1     | 20          | 1     |         | x       |         |         |         |         |         |         | 20         |            |          |
| Hydraulique des écoulements en charge   | 12           | 1     | 12          | 1     |         | x       |         |         |         |         |         |         | 12         |            |          |
| <b>Mécanique des structures</b>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Mécanique générale  | 20           | 1     | 20          | 1     |         | x       |         |         |         |         |         |         | 20         |            |          |
| Résistance des matériaux  | 20           | 1     | 20          | 1     |         | x       |         |         |         |         |         |         | 20         |            |          |
| Dynamique des structures  | 10           | 1+2   | 10          | 1     |         | x       |         |         |         |         |         |         | 10         |            |          |
| <b>Electromagnétisme</b>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Compléments d'électromagnétisme   | 30           | 1+2   | 30          | 1     |         |         | x       |         |         |         |         |         | 30         |            |          |
| dont : matériaux fonctionnels (utilisés en premier lieu pour leurs propriétés fonctionnelles)         |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| - Matériaux conducteurs et supra conducteurs  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| - Matériaux magnétiques durs et doux  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| - Matériaux diélectriques   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| <b>Travaux Pratiques matériaux et physique</b>  | 32           | 1     | 32          | 1     | x       | x       | x       |         |         |         |         |         |            | 32         |          |
| <i>Constituants de la chaîne de puissance 1</i>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| <b>Génération d'électricité, de chaleur et de froid</b>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Machines thermiques   | 22           | 1+2   | 22          | 1     | x       |         |         |         | x       |         |         |         | 22         |            |          |
| Machines hydrauliques   | 10           | 1     | 10          | 1     |         | x       |         |         |         | x       |         |         | 10         |            |          |
| Machines électriques tournantes (synchrone, asynchrones)  | 24           | 1+2   | 24          | 1     |         |         | x       |         |         |         |         |         | 24         |            |          |
| <b>Convertisseurs d'énergie</b>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Conversion thermique: échangeurs de chaleur   | 10           | 1+2   | 10          | 1     | x       |         |         |         |         |         |         |         | 10         |            |          |
| Conversion électrique : transformateurs, convertisseurs électronique de puissance (hacheur, onduleur) |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Convertisseurs électroniques de puissance   | 24           | 1+2   | 24          | 1     |         | x       |         |         | x       |         |         |         | 24         |            |          |
| <b>Bureaux d'études et Travaux Pratiques sur les constituants et leur commande</b>                    | 28           | 1+2   | 28          | 1     | x       | x       | x       |         |         |         |         |         |            | 28         |          |
| <i>Contrôle, fiabilité et diagnostic des constituants de la chaîne de puissance 1</i>                 |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| <b>Modélisation et commande</b>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Modélisation pour le contrôle   | 20           | 1     | 20          | 1     | x       | x       | x       |         |         |         | x       |         | 20         |            |          |
| Commande linéaire   | 20           | 1     | 20          | 1     | x       | x       | x       |         |         |         | x       |         | 20         |            |          |
| <i>Economie- Connaissance de l'entreprise - Droit des affaires 1</i>                                  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Economie  | 18           | 1     | 18          | 1     |         |         |         |         |         |         |         |         | 18         |            |          |
| Simulation de gestion d'entreprise  | 20           | 1     | 20          | 1     |         |         |         |         |         |         |         |         | 20         |            |          |
| <i>Contexte économique de l'énergie - réglementations - normes 1</i>                                  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Politiques énergétiques   | 16           | 1     | 16          | 1     |         |         |         |         |         |         |         |         | 16         |            |          |
| <i>Méthodes et outils de gestion de projets 1</i>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Communication professionnelle   | 12           | 1     | 12          | 1     |         |         |         |         |         |         |         |         |            | 12         |          |
| <i>Langues</i>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Anglais 1   | 70           | 1     | 70          | 1     |         |         |         |         |         |         |         |         | 70         |            |          |
| <i>Retours d'expérience</i>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Analyse comparée des pratiques  | 0            | 1     | 0           | 1     |         |         |         |         |         |         |         |         |            |            |          |
| Retours d'expérience techniques   | 40           | 1     | 40          | 1     |         |         |         |         |         |         |         |         | 40         |            |          |
| <b>Total Année 1</b>  | <b>720</b>   |       | <b>720</b>  |       |         |         |         |         |         |         |         |         | <b>598</b> | <b>122</b> | <b>0</b> |

| Connaissances et compétences à acquérir (regroupées par modules)   | Constituants | Année | Intégration | Année | Thème 1 | Thème 2 | Thème 3 | Thème 4 | Thème 5 | Thème 6 | Thème 7 | Thème 8 | CTD | BE/TP | Projets |
|--|--------------|-------|-------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|-------|---------|
|  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| <b>ANNEE 2</b>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| <i>Compléments de mathématiques 2</i>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Probabilité, statistiques  | 10           | 2     | 10          | 2     |         |         |         |         |         | x       |         | x       | 10  |       |         |
| Recherche opérationnelle, méthodes analytiques, programmation linéaire   | 0            |       | 20          | 2     |         |         |         |         |         |         |         |         | 20  |       |         |
| <i>Matériaux et compléments de physique 2</i>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| <b>Thermodynamique - Echanges thermiques</b>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Echanges thermiques  | 20           | 2     | 0           |       | x       |         |         |         |         |         |         |         | 20  |       |         |
| <b>Mécanique des fluides et Hydraulique</b>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Fluides compressibles  | 20           | 2     | 0           |       | x       |         |         |         |         |         |         |         | 20  |       |         |
| <b>Mécanique des structures</b>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Matériaux de structure (utilisés en premier lieu pour leurs propriétés mécaniques)   | 10           | 2     | 0           |       | x       |         |         |         |         |         |         |         | 10  |       |         |
| Dynamique des structures   | 10           | 1+2   | 0           | 1     | x       |         |         |         |         |         |         |         | 10  |       |         |
| <b>Electromagnétisme</b>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Compléments d'électromagnétisme  | 10           | 1+2   | 0           | 1     |         | x       |         |         |         |         |         |         | 10  |       |         |
| Compatibilité électromagnétique  | 20           | 2     | 10          | 2     |         | x       |         |         |         |         |         |         | 20  |       |         |
| <i>Constituants de la chaîne de puissance 2</i>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| <b>Génération d'électricité, de chaleur et de froid</b>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Machines thermiques  | 6            | 1+2   | 0           | 1     | x       |         |         |         |         |         | x       |         | 6   |       |         |
| Machines électriques tournantes (synchrones, asynchrones)  | 6            | 1+2   | 0           | 1     |         | x       |         |         |         |         | x       |         | 6   |       |         |
| Générateurs photovoltaïques  | 12           | 2     | 12          | 2     |         | x       |         |         |         |         |         |         | 12  |       |         |
| Génération et stockage électrochimique : batteries, piles à combustibles, supercondensateurs   | 10           | 2     | 10          | 2     |         |         | x       |         |         |         |         |         | 10  |       |         |
| <b>Convertisseurs d'énergie</b>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Conversion thermique: échangeurs de chaleur  | 6            | 1+2   | 0           | 1     | x       |         |         |         |         |         |         |         | 6   |       |         |
| Conversion électrique : transformateurs, convertisseurs électronique de puissance (hacheur, onduleur)                                      |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Convertisseurs électroniques de puissance  | 12           | 1+2   | 0           | 1     |         | x       |         |         |         | x       |         |         | 12  |       |         |
| Transformateurs  | 20           | 2     | 12          | 2     |         | x       |         |         |         |         |         |         | 20  |       |         |
| <b>Bureaux d'études et Travaux Pratiques sur les constituants et leur commande</b>   | 12           | 1+2   | 0           | 1     | x       | x       | x       |         |         |         | x       |         |     | 12    |         |
| <i>Contrôle, fiabilité et diagnostic des constituants de la chaîne de puissance 2</i>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| <b>Modélisation et commande des systèmes</b>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Éléments de commande avancée des systèmes  | 15           | 2     | 0           |       |         |         |         |         |         |         | x       |         | 15  |       |         |
| <b>Fiabilité, maintenance et analyse de risque</b>   | 18           | 2     | 18          | 2     |         |         |         |         |         |         |         |         | 18  |       |         |
| <i>Réseaux</i>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| <b>Installations ou ensemble d'installation de transformation d'énergie</b>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Les principales familles d'installations   | 8            | 2     | 8           | 2     |         |         |         |         |         |         |         | x       | 8   |       |         |
| <b>Connexion aux réseaux électriques</b>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Connaissances de réseaux nécessaires pour un producteur  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Les réseaux électriques  | 12           | 2     | 12          | 2     |         |         |         |         |         | x       |         |         | 12  |       |         |
| Modélisation et calcul de réseau   | 8            | 2     | 8           | 2     |         |         |         |         |         |         | x       |         | 8   |       | 8       |
| Participation aux services système : réglage fréquence tension   | 8            | 2     | 8           | 2     |         |         |         |         |         |         | x       |         | 8   |       |         |
| Protection des réseaux : organisation et constituants (disjoncteurs, limiteurs...)   | 22           | 2     | 22          | 2     |         |         |         |         |         | x       |         |         | 18  |       | 4       |
| <b>Connexion aux réseaux de chaleur et de froid</b>  | 0            | 2     | 10          | 2     |         |         |         |         |         |         |         | x       | 10  |       |         |
| <i>Conduite, supervision d'un système de transformation et fourniture d'énergie 1</i>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Organisation générale du pilotage d'une installation   | 10           | 2     | 10          | 2     |         |         |         |         |         |         |         | x       | 10  |       |         |
| Les éléments de l'intelligence répartie  | 14           | 2     | 14          | 2     |         |         |         |         |         |         |         | x       | 14  |       |         |
| Les réseaux industriels  | 10           | 2     | 32          | 2     |         |         |         |         |         |         |         | x       | 20  |       | 12      |
| Architectures logicielles des systèmes temps réel  | 0            |       | 24          | 2     |         |         |         |         |         |         |         | x       | 12  |       | 12      |
| Fonctions de contrôle-commande séquentielle  | 0            |       | 20          | 2     |         |         |         |         |         |         |         | x       | 12  |       | 8       |
| Optimisation de l'exploitation en fonction des contraintes techniques, économiques et de sécurité  | 0            |       | 20          | 2     |         |         |         |         |         |         |         | x       | 12  |       | 8       |
| <i>Méthodes et outils de conception - Méthodes et outils de modélisation et de simulation numériques 1</i>                                 |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Conception de produits - prise en compte du cycle de vie   | 12           | 2+3   | 12          | 2     | x       | x       | x       | x       |         |         |         |         | 12  |       |         |
| Les méthodes de modélisation numérique des phénomènes physiques et leurs champs d'application  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Introduction aux méthodes de modélisation numérique  | 22           | 2     | 18          | 2     |         |         |         |         |         |         |         |         | 10  |       | 12      |
| Éléments finis   | 16           | 2     | 0           |       |         |         |         |         |         |         |         |         | 8   |       | 8       |
| Spécification, analyse et conception de systèmes   | 0            |       | 24          | 2     |         |         |         |         |         |         |         | x       | 12  |       | 12      |
| Les méthodes de modélisation des systèmes et leurs champs d'application  | 12           | 2     | 12          | 2     |         |         |         |         |         |         |         | x       | 12  |       |         |
| Les logiciels d'intégration systèmes utilisés dans l'industrie   | 20           | 2     | 20          | 2     |         |         |         |         |         |         |         | x       |     |       | 20      |
| <i>Méthodes d'optimisation</i>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Introduction aux méthodes de dimensionnement de constituants   | 20           | 2     | 10          | 2     | x       | x       | x       | x       |         |         |         |         | 8   |       | 12      |
| Introduction aux méthodes de dimensionnement de systèmes   | 10           | 2     | 20          | 2     |         |         |         |         |         |         |         | x       | 8   |       | 12      |
| <b>Études de cas "constituants de la chaîne énergétique"</b>   | 50           | 2+3   | 50          | 2     | x       | x       | x       | x       |         |         | x       |         |     |       | 50      |
| <i>Economie- Connaissance de l'entreprise - Droit des affaires 2</i>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Gestion financière   | 12           | 2     | 12          | 2     |         |         |         |         |         |         |         |         | 12  |       |         |
| Stratégie d'entreprise et marketing  | 20           | 2     | 20          | 2     |         |         |         |         |         |         |         |         | 20  |       |         |
| <i>Contexte économique de l'énergie - réglementations - normes 2</i>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Organisation et régulation des industries de réseau  | 0            |       | 20          | 2     |         |         |         |         |         |         |         |         | 20  |       |         |
| Impacts environnementaux de la transformation et fourniture d'énergie et réglementations   | 0            |       | 14          | 2     |         |         |         |         |         |         |         |         | 14  |       |         |
| Méthodes de calcul de l'efficacité et de l'impact environnemental d'une solution sur le cycle de vie (de la construction au démantèlement) | 12           | 2     | 12          | 2     |         |         |         |         |         |         |         |         | 12  |       |         |
| <i>Méthodes et outils de gestion de projets 2</i>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Gestion projet 1 - les fondamentaux  | 18           | 2     | 18          | 2     |         |         |         |         |         |         |         |         | 6   |       | 12      |
| <i>Langues</i>   |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Anglais 2  | 50           | 2     | 50          | 2     |         |         |         |         |         |         |         |         | 50  |       |         |
| <i>Retours d'expérience</i>  |              |       |             |       |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Analyse comparée des pratiques   | 0            | 2     | 0           | 2     |         |         |         |         |         |         |         |         |     |       |         |
| Retours d'expérience techniques  | 40           | 2     | 40          | 2     |         |         |         |         |         |         |         |         | 40  |       |         |
|  | 623          |       | 632         |       |         |         |         |         |         |         |         |         | 605 | 140   | 62      |

| Connaissances et compétences à acquérir (regroupées par modules)   | Constituants | Année      | Intégration | Année    | Thème 1  | Thème 2  | Thème 3  | Thème 4  | Thème 5  | Thème 6  | Thème 7  | Thème 8  | CNI/ID     | BE/TP     | Projets    |
|--|--------------|------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|-----------|------------|
|  |              |            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            |           |            |
| <b>ANNEE 3</b>   |              |            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            |           |            |
| <i>Matériaux et compléments de physique 2</i>  |              |            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            |           |            |
| Matériaux fonctionnels actifs : matériaux xx-électriques, électro-xx, à mémoire de forme, à changement de phase  | 16           | 3          | 0           |          |          |          |          | x        |          |          |          |          | 16         |           |            |
| <i>Contrôle, fiabilité et diagnostic des constituants de la chaîne de puissance 3</i>                            |              |            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            |           |            |
| <b>Méthodes appliquées de détection, localisation, évaluation des défaillances des constituants de puissance</b> |              |            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            |           |            |
| Les solutions de détection, de localisation et d'évaluation des défaillances                                     | 6            | 3          | 6           | 3        |          |          |          |          |          | x        |          |          | 6          |           |            |
| Analyse spectrale et représentation temps fréquence  | 16           | 3          | 0           |          |          |          |          |          |          | x        |          |          | 10         | 6         |            |
| Observateurs pour la surveillance  | 14           | 3          | 0           |          |          |          |          |          |          | x        |          |          | 10         | 4         |            |
| Décision et détection de rupture   | 14           | 3          | 0           |          |          |          |          |          |          | x        |          |          | 10         | 4         |            |
| <i>Conduite, supervision d'un système de transformation et fourniture d'énergie 2</i>                            |              |            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            |           |            |
| Supervision et contrôle  | 0            |            | 32          | 3        |          |          |          |          |          |          |          | x        | 12         | 20        |            |
| Aide à la décision – formation des opérateurs d'exploitation   | 0            |            | 24          | 3        |          |          |          |          |          |          |          | x        | 8          | 16        |            |
| Plans de sécurité et de gestion des crises   | 0            |            | 8           | 3        |          |          |          |          |          |          |          | x        | 8          |           |            |
| <i>Méthodes et outils de conception - Méthodes et outils de modélisation et de simulation numériques 2</i>       |              |            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            |           |            |
| Conception de produits - prise en compte du cycle de vie   | 8            | 2+3        | 0           | 2        | x        | x        | x        | x        |          |          |          |          |            |           | 8          |
| Les méthodes de modélisation numérique des phénomènes physiques et leurs champs d'application                    |              |            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            |           |            |
| Volumes finis - les couplages  | 16           | 3          | 0           |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 8          | 8         |            |
| Les logiciels de modélisation et simulation numérique de phénomènes physiques utilisés dans l'industrie          | 16           | 3          | 0           |          | x        | x        | x        | x        |          |          |          |          |            |           | 16         |
| <b>Etudes de cas "constituants de la chaîne énergétique"</b>   | <b>50</b>    | <b>2+3</b> | <b>0</b>    | <b>2</b> | <b>x</b> |            |           | 50         |
| <b>Etudes de cas "Intégration : Installations de production d'énergie"</b>                                       | <b>100</b>   | <b>3</b>   | <b>150</b>  | <b>3</b> | <b>x</b> |            |           | 150        |
| <i>Economie- Connaissance de l'entreprise - Droit des affaires 3</i>   |              |            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            |           |            |
| Droit des affaires   | 28           | 3          | 28          | 3        |          |          |          |          |          |          |          |          | 28         |           |            |
| <i>Méthodes et outils de gestion de projets 3</i>  |              |            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            |           |            |
| Management et leadership   | 18           | 3          | 18          | 3        |          |          |          |          |          |          |          |          | 18         |           |            |
| Projet professionnel   | 10           | 3          | 10          | 3        |          |          |          |          |          |          |          |          | 10         |           |            |
| Gestion de projet 2 - Approfondissement  | 12           | 3          | 42          | 3        |          |          |          |          |          |          |          |          | 34         |           | 8          |
| <i>Langues</i>   |              |            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            |           |            |
| Anglais 3  | 30           | 3          | 30          | 3        |          |          |          |          |          |          |          |          | 30         |           |            |
| <i>Retours d'expérience</i>  |              |            |             |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            |           |            |
| Analyse comparée des pratiques   | 0            | 3          | 0           | 3        |          |          |          |          |          |          |          |          |            |           |            |
| Retours d'expérience techniques  | 40           | 3          | 40          | 3        |          |          |          |          |          |          |          |          | 40         |           |            |
| <b>Total général</b>   | <b>394</b>   |            | <b>388</b>  |          |          |          |          |          |          |          |          |          | <b>248</b> | <b>82</b> | <b>208</b> |

1. Le temps de présence hebdomadaire étant de trente-cinq heures, conformément à la législation du contrat d'apprentissage, en entreprise comme à l'école, et le volume moyen hebdomadaire en " face à face pédagogique " étant de l'ordre de 26 heures, une partie des heures passées à l'école correspondent donc à du travail non encadré, en groupe ou individuel, consacré aux préparations de travaux divers (retours d'expérience, recherches bibliographiques, préparations d'exposés, etc.).
2. Du fait de l'effectif restreint des promotions, sauf rares exceptions, il n'y a pas de distinction entre cours magistraux et travaux dirigés, lesquels alternent systématiquement lors des séances.
3. La branche professionnelle de la métallurgie sera impliquée dans le cursus de différentes manières :
  - conférences et témoignages par des consultants et des industriels de l'UDIMEC et de l'AFPI ;
  - co-animation des séquences de formation des maîtres d'apprentissage ;
  - participation à l'amélioration de la formation à travers la commission pédagogique de l'ITIL.
4. Les entreprises des secteurs concernés, les partenaires de l'école en premier lieu, seront sollicitées :
  - Pour contribuer aux sujets des études de cas qui constituent une étape importante de synthèse des connaissances et méthodes ;
  - Pour participer, au sein des équipes pédagogiques, aux enseignements pour lesquels l'expérience et la compétence industrielle sont requises et à l'encadrement des études de cas.

### **3.5 Complémentarité entre formation académique et formation en entreprise**

Les contenus académiques et les apprentissages en entreprise présentent une forte complémentarité dans le domaine de l'énergie. Cette dernière justifie, comme nous l'avons mentionné précédemment, l'intérêt d'une formation par alternance.

Cette complémentarité s'exerce particulièrement :

- Dans l'acquisition de la compétence projet et de la capacité à travailler au sein d'équipes pluridisciplinaires associant différents niveaux de compétence et différents points de vue ;
- Dans l'acquisition des connaissances et compétences techniques sur les objets ;
- Dans l'acquisition et la maîtrise des outils de l'ingénieur produit, système, d'affaire... ;
- Dans l'acquisition du recul et de la culture nécessaires pour faire face à une affaire, une situation.... complexes.

### **3.6 Culture internationale**

L'efficacité personnelle et collective, la relation aux autres, la maturité et l'ouverture d'esprit, la capacité à évoluer dans un univers professionnel de plus en plus pluridisciplinaire et pluriculturel et la responsabilité citoyenne constituent des qualités essentielles de l'ingénieur moderne. La pédagogie adoptée, des enseignements spécifiques, les missions qui seront confiées à l'apprenti en entreprise et les retours d'expérience lui permettront de les développer.

La vie associative et les activités sportives ou artistiques y contribuent également en développant le goût de l'effort, la maîtrise de soi, le respect d'autrui, la prise de responsabilité... Elles devront être encouragées et facilitées.

La rencontre d'autres histoires et cultures, d'autres systèmes et méthodes de travail sont également de toute première importance. Nous souhaitons tout mettre en œuvre pour que les apprentis aient l'occasion de développer leurs compétences de travail dans des contextes multiculturels. Deux pistes sont étudiées :

- Les missions d'entreprise à l'étranger ou les projets d'entreprise à dimension internationale : nous souhaitons intégrer dans le contrat de formation négocié avec l'entreprise des modalités de prise en compte de la dimension internationale. Cela peut se traduire :
  - par une période réalisée à l'étranger dans l'entreprise ou dans une filiale comme le permet la législation sur l'apprentissage ;
  - par une période réalisée à l'étranger dans une autre entreprise (moyennant une convention entre cette dernière et l'entreprise d'accueil comme le permet également la législation) ;
  - par l'intégration dans un projet impliquant une forte dimension interculturelle.

Cet élément fera partie du contrat de formation négocié avec l'entreprise au moment de la validation des missions (Cf. Annexe 6 : dossier de validation de postes et de missions) de l'école pour l'embauche d'un apprenti et sur lequel l'entreprise devra s'engager. Un grand nombre des entreprises concernées par le profil des ingénieurs formés dans cette filière sont internationales ou engagées dans des projets internationaux, ce qui devrait faciliter ce type d'actions.

- Grenoble INP est l'un des partenaires du KIC Innoenergy, au sein du pôle « Alps valley ». La formation de cadres européens, innovateurs et entrepreneurs est l'une des 3 priorités du KIC. Des initiatives communes sont prises par les acteurs académiques des différents pôles et soutenues par le KIC : diplômes conjoints, échanges d'étudiants, écoles d'été. C'est dans ce cadre que nous étudions la possibilité d'envoyer les apprentis dans une ou plusieurs des universités partenaires pendant au moins une des alternances académiques, sur un programme défini conjointement et qui serait partagé avec des étudiants locaux. A titre de réciprocité, nous pourrions accueillir des étudiants de ces universités sur un schéma similaire. Energies renouvelables dans le pôle ibérique (Universités de Barcelone, Madrid ou Porto), Energie à partir de combustibles chimiques dans le pôle Allemagne (Stuttgart et Karlsruhe), Réseau électrique

intelligent et stockage dans le pôle Suède (KTH Stockholm, Uppsala), Technologies charbon « propre » dans le pôle Pologne+ (Cracovie, Katowice), tous les thèmes de la filière sont susceptibles d'être abordés pendant ces périodes de mobilité. Un couplage est envisageable avec un séjour dans l'une des entreprises partenaires du pôle d'excellence dans lequel se fera la mobilité académique.

La maîtrise de l'anglais est indispensable dans le contexte professionnel, et également dans de nombreux cas pour pouvoir faire face aux situations courantes dans un pays étranger. A l'issue de leur parcours de trois ans, les apprentis devront montrer qu'ils ont acquis un niveau suffisant dans cette langue.

Nous mettrons tout en œuvre pour les y aider. Nous envisageons pour cela les moyens suivants :

- L'enseignement de l'anglais s'appuie sur un encadrement en présentiel ainsi que sur la mise à disposition d'outils d'autoformation (CD, laboratoire de langue en accès libre) ;
- Le règlement des études prévoit pour la délivrance du diplôme d'ingénieur le niveau B2 défini par le «cadre européen commun de référence pour les langues» du Conseil de l'Europe. L'école Ense<sup>3</sup> a mis en place une politique de préparation aux examens de certification (BULATS) avec deux passages financés par l'école pour l'examen ;
- De plus, des cours ou des conférences en anglais seront proposés aux apprentis qui seront alors mélangés avec des étudiants étrangers accueillis spécifiquement pour ces modules de cours ;
- Enfin des documents et supports remis aux apprentis pour certains cours seront rédigés en anglais afin de familiariser ces derniers avec la pratique des documentations en anglais.

### **3.7 L'articulation avec la recherche et l'innovation**

La formation Ense<sup>3</sup> s'appuie sur une recherche de renommée internationale et étroitement associée au monde économique. Elle est organisée en 9 laboratoires évalués A+ ou A par l'AERES. Ils représentent 450 chercheurs, 530 doctorants, 250 entreprises partenaires (Génie Electrique : G2ELab, Mécanique des fluides et énergétiques : LEGI, Matière et écoulements : Laboratoire de Rhéologie, Géo mécanique, génie civil et risques : 3SR, Génie de l'eau et environnement : LTHE, Electrochimie et génie des procédés : LEPMI, Image, Parole, Signal, Automatique : GIPSA Lab, Conception et Optimisation pour la production : G-SCOP, Matériaux : SIMAP).

Elle est ainsi l'une des rares écoles d'ingénieurs françaises à pouvoir proposer la formation pluridisciplinaire et système qui correspond aux évolutions des métiers de l'énergie, avec des compétences en mécanique (fluides, solides, structures), génie électrique (fonctions électriques et électroniques de puissance, réseaux électriques), automatique et traitement du signal. L'innovation est au cœur de cette formation ; les apprentis en bénéficieront pleinement.

Par ailleurs chaque tuteur pédagogique veillera à ce qu'une ou plusieurs missions en entreprise de son apprenti présentent un lien suffisamment fort avec une problématique d'innovation, que celle-ci soit d'ordre technique ou organisationnel. Il facilitera alors l'accès de l'apprenti aux ressources adéquates au sein de l'école (laboratoire, personne ressource, sources bibliographiques...) et fera en sorte qu'il bénéficie d'une aide méthodologique suffisante afin qu'il se familiarise avec la démarche et l'esprit de l'innovation et de la recherche. Un accompagnement spécifique sera apporté aux apprentis en S5 pour les aider à conduire les recherches bibliographiques nécessaires à leur projet de fin d'étude.